

本节内容

定点数 原码除法运算

关注公众号【研途小时】获取后续课程完整更新！

本节总览

除法运算

除法运算的思想

原码除法：恢复余数法

原码除法：加减交替法（不恢复余数法）

补码除法：加减交替法

手算除法（十进制）

r 进制: $K_n K_{n-1} \dots K_2 K_1 K_0 K_{-1} K_{-2} \dots K_{-m}$

$$= K_n \times r^n + K_{n-1} \times r^{n-1} + \dots + K_2 \times r^2 + K_1 \times r^1 + K_0 \times r^0 + K_{-1} \times r^{-1} + K_{-2} \times r^{-2} + \dots + K_{-m} \times r^{-m}$$

0.211 ÷ 0.985 = ?

你怎么这个亚子



$$\begin{array}{r} 0.214 \\ 985 \overline{) 211} \\ \underline{000} \\ 2110 \\ \underline{1970} \\ 1400 \\ \underline{985} \\ 4150 \\ \underline{3940} \\ 210 \end{array}$$



$$\begin{array}{r} 0.214 \\ 0.985 \overline{) 0.211} \\ \underline{0.000} \\ 0.2110 \\ \underline{0.1970} \\ 0.01400 \\ \underline{0.00985} \\ 0.004150 \\ \underline{0.003940} \\ 0.000210 \end{array}$$

心情复杂



$$0.214 = 2 \times 10^{-1} + 1 \times 10^{-2} + 4 \times 10^{-3}$$

$$0.985 = 985 \times 10^{-3}$$

$$\begin{aligned} 0.985 \times 0.214 &= (985 \times 2 \times 10^{-4}) + (985 \times 1 \times 10^{-5}) + (985 \times 4 \times 10^{-6}) \\ &= 0.1970 + 0.00985 + 0.00394 \end{aligned}$$

$$x \div y = a \text{ (余数 } b) \rightarrow x = ay + b$$

$$0.211 = 0.985 \times 0.214 + 0.000210$$

关注公众号【研途小时】获取后续课程完整更新！



榨个栗子

手算除法（二进制）

符号位

绝对值

两个正数相除

设机器字长为5位（含1位符号位， $n=4$ ）， $x=0.1011$ ， $y=0.1101$ ，求 x/y

$(0.1011 \times 2^4) \div (0.1101 \times 2^4)$

$$\begin{array}{r} 0.1101 \\ 01101 \overline{) 01011} \\ \underline{00000} \\ 10110 \\ \underline{01101} \\ 10010 \\ \underline{01101} \\ 01010 \\ \underline{00000} \\ 10100 \\ \underline{01101} \\ 0111 \end{array}$$



$$\begin{array}{r} 0.1101 \\ 0.1101 \overline{) 0.1011} \\ \underline{0.0000} \\ 0.10110 \\ \underline{0.01101} \\ 0.010010 \\ \underline{0.001101} \\ 0.0001010 \\ \underline{0.0000000} \\ 0.00010100 \\ \underline{0.00001101} \\ 0.00000111 \end{array}$$

规律：忽略小数点，每确定一位商，进行一次减法，得到4位余数，在余数末尾补0，再确定下一位商。确定5位商即可停止（机器字长为5位）

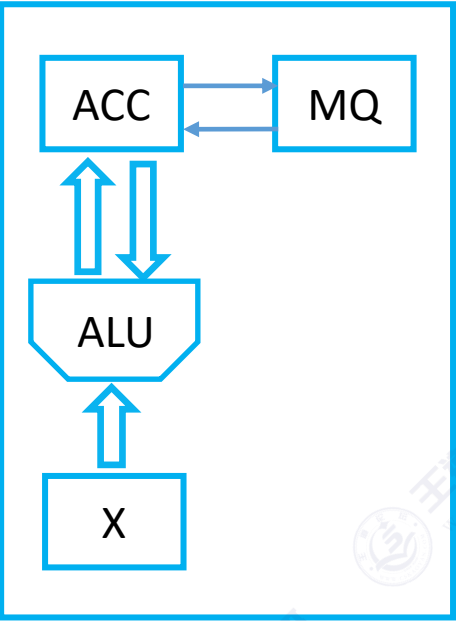
x/y 结果为0.1101，余数为0.00000111

穿越：运算器的基本组成



缓缓地回忆过去

运算器



运算器：用于实现算术运算（如：加减乘除）、逻辑运算（如：与或非）

- ACC: 累加器，用于存放操作数，或运算结果。
- MQ: 乘商寄存器，在乘、除运算时，用于存放操作数或运算结果。
- X: 通用的操作数寄存器，用于存放操作数
- ALU: 算术逻辑单元，通过内部复杂的电路实现算数运算、逻辑运算

Accumulator
Multiple-Quotient Register
Arithmetic and Logic Unit

	加	减	乘	除
ACC	被加数、和	被减数、差	乘积高位	被除数、余数
MQ			乘数、乘积低位	商
X	加数	减数	被乘数	除数

关注公众号【研途小时】获取后续课程完整更新！

原码除法：恢复余数法

设机器字长为5位（含1位符号位， $n=4$ ）， $x=0.1011$ ， $y=0.1101$ ，采用原码恢复余数法求 x/y

$|x|=0.1011$ ， $|y|=0.1101$ ， $[|y|]_{\text{补}}=0.1101$ ， $[-|y|]_{\text{补}}=1.0011$

符号单独处理：符号位 = $x_s \oplus y_s$

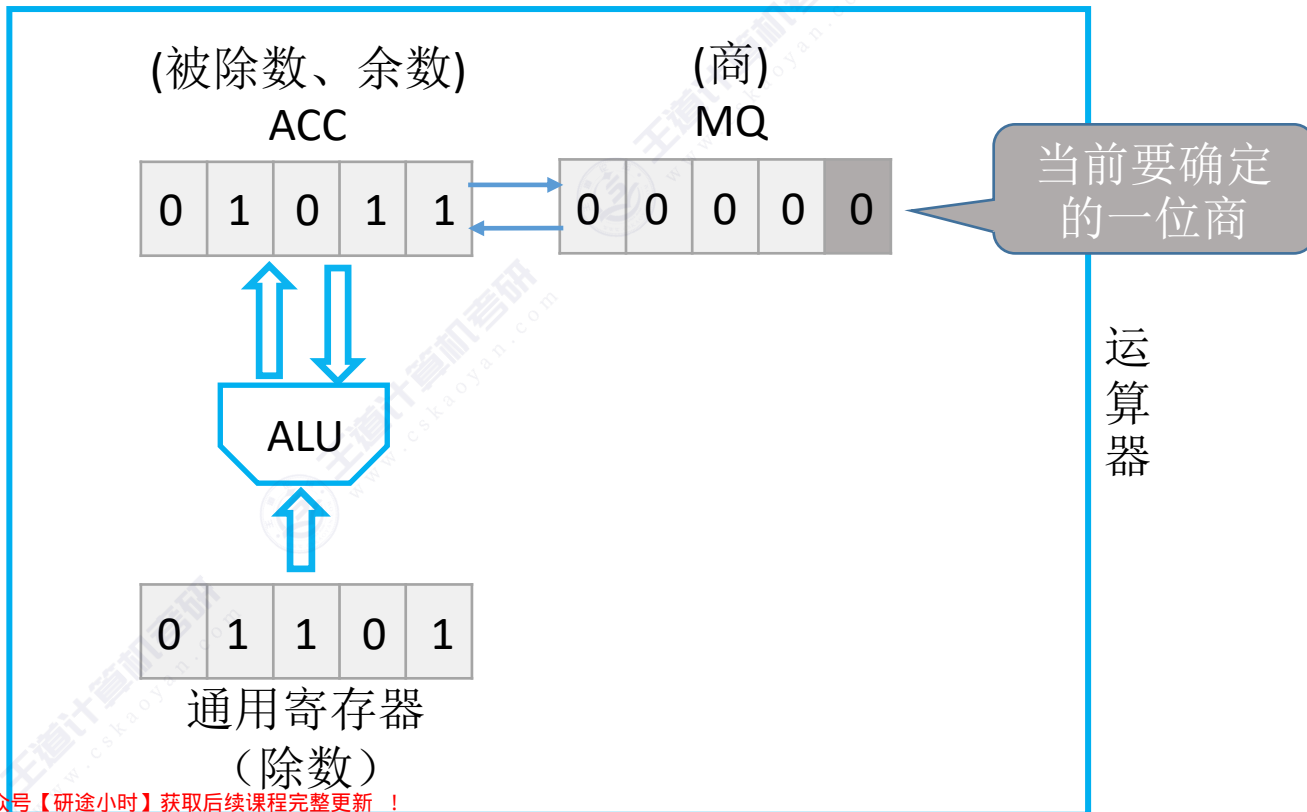
实现方法：上商0/1，得到余数，余数末尾补0

数值位取绝对值进行除法计算

```
      0.1101
01101 ) 01011
        00000
        10110
        01101
        10010
        01101
        01010
        00000
        10100
        01101
        0111
```

手算时，每一位商取0/1是通过判断当前余数和除数的大小确定的

计算机很傻，会先默认上商1，如果搞错了再改上商0。并“恢复余数”



关注公众号【研途小时】获取后续课程完整更新！

原码除法：恢复余数法

设机器字长为5位（含1位符号位， $n=4$ ）， $x=0.1011$ ， $y=0.1101$ ，采用原码恢复余数法求 x/y

$|x|=0.1011$ ， $|y|=0.1101$ ， $[|y|]_{\text{补}}=0.1101$ ， $[-|y|]_{\text{补}}=1.0011$

符号单独处理：符号位 = $x_s \oplus y_s$

数值位取绝对值进行除法计算

实现方法：上商0/1，得到余数，余数末尾补0

```

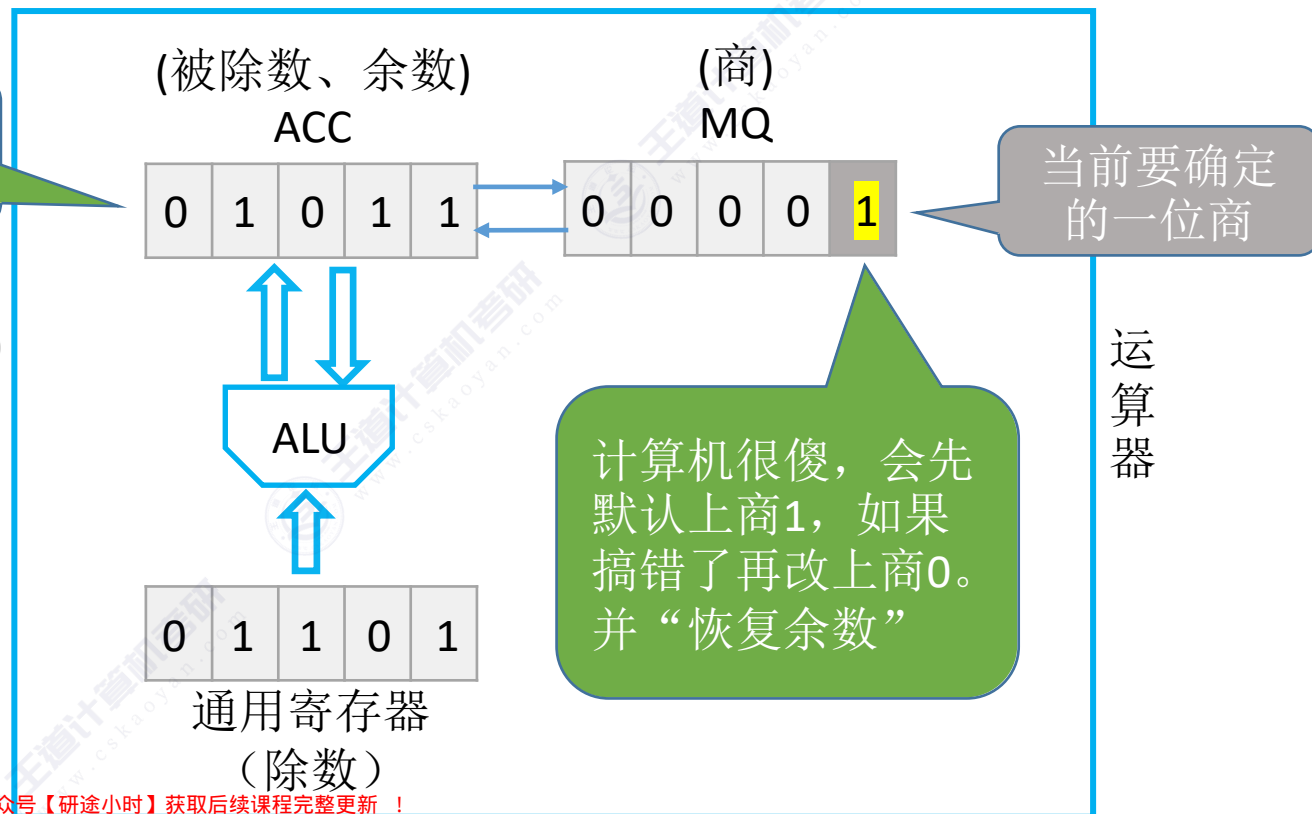
      0.1101
01101 | 01011
      00000
      10110
      01101
      10010
      01101
      01010
      00000
      10100
      01101
      0111

```

求余数：
(ACC)-(除数)→ACC

(ACC)+ $[-|y|]_{\text{补}}$ → ACC
 $01011+10011 = 11110$

计算机很傻，会先默认上商1，如果搞错了再改上商0。并“恢复余数”



关注公众号【研途小时】获取后续课程完整更新！

原码除法：恢复余数法

设机器字长为5位（含1位符号位， $n=4$ ）， $x=0.1011$ ， $y=0.1101$ ，采用原码恢复余数法求 x/y

$|x|=0.1011$ ， $|y|=0.1101$ ， $[|y|]_{\text{补}}=0.1101$ ， $[-|y|]_{\text{补}}=1.0011$

符号单独处理：符号位 = $x_s \oplus y_s$

数值位取绝对值进行除法计算

实现方法：上商0/1，得到余数，余数末尾补0

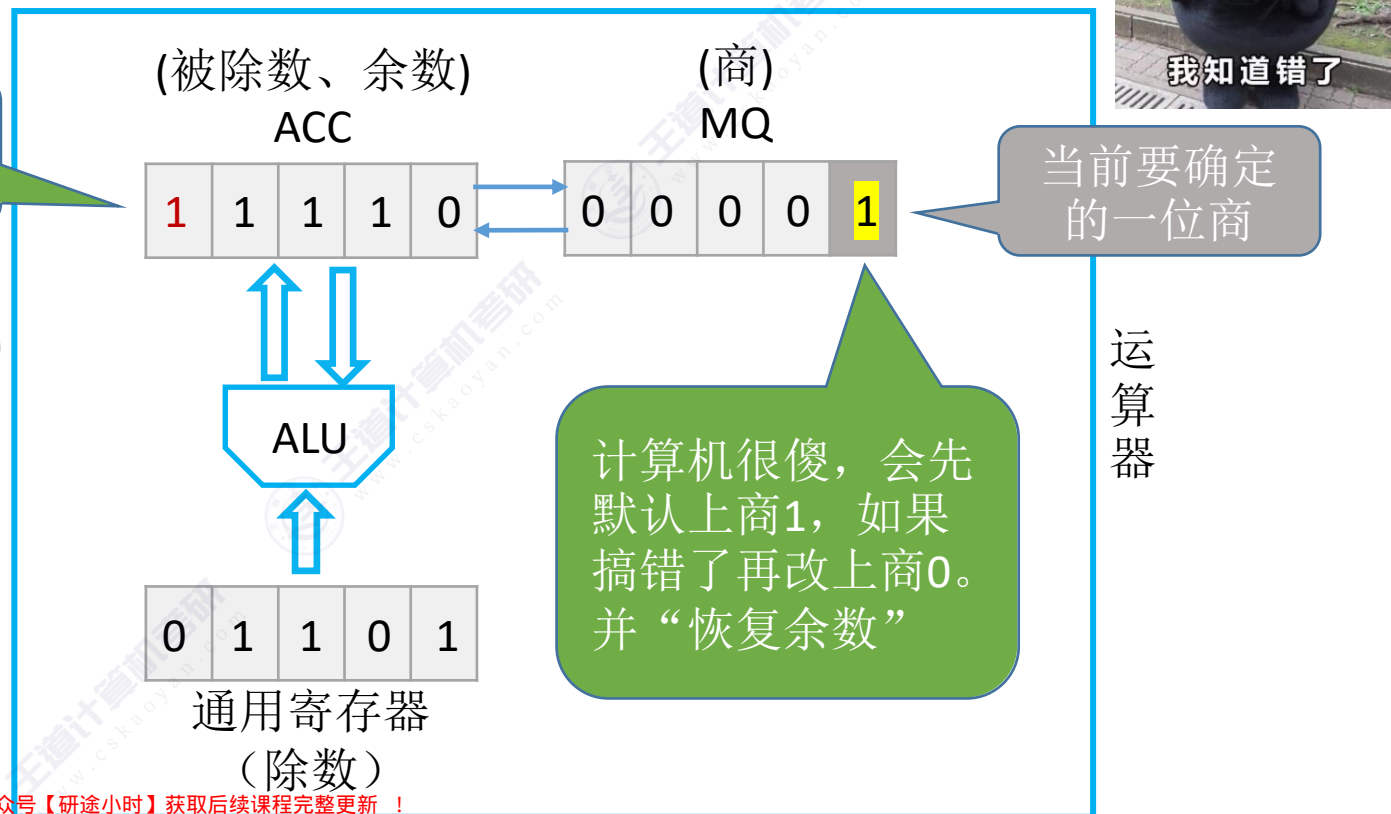
```
      0.1101
01101 | 01011
      00000
      10110
      01101
      10010
      01101
      01010
      00000
      10100
      01101
      0111
```

求余数：
 $(ACC) - (\text{除数}) \rightarrow ACC$

$(ACC) + [-|y|]_{\text{补}} \rightarrow ACC$
 $01011 + 10011 = 11110$

相减结果
是个负数，
说明应该
上商0

计算机很傻，会先默认上商1，如果搞错了再改上商0。并“恢复余数”



关注公众号【研途小时】获取后续课程完整更新！

原码除法：恢复余数法

设机器字长为5位（含1位符号位， $n=4$ ）， $x=0.1011$ ， $y=0.1101$ ，采用原码恢复余数法求 x/y

$|x|=0.1011$ ， $|y|=0.1101$ ， $[y]_{\text{补}}=0.1101$ ， $[-y]_{\text{补}}=1.0011$

符号单独处理：符号位 = $x_s \oplus y_s$

数值位取绝对值进行除法计算

实现方法：上商0/1，得到余数，余数末尾补0

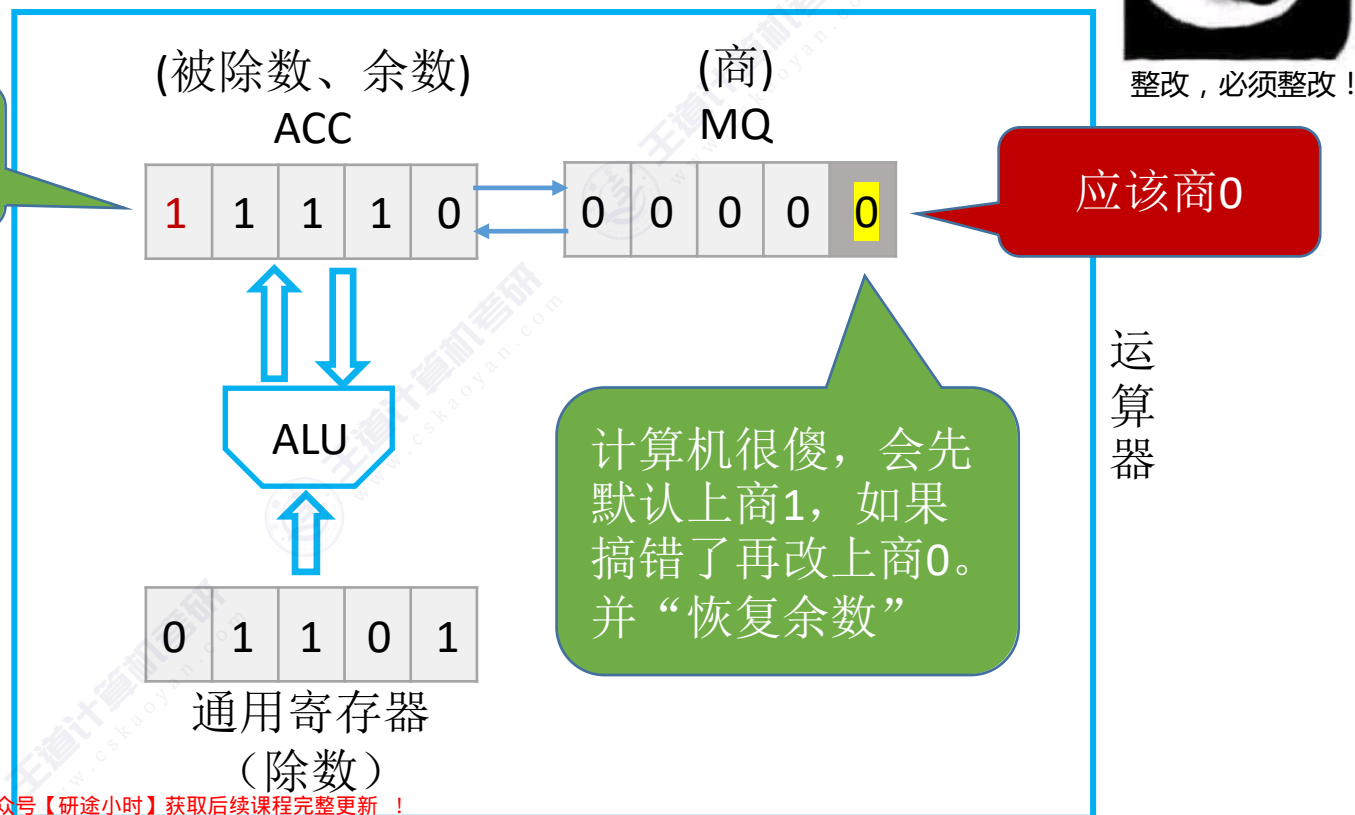
```
      0.1101
01101 | 01011
      00000
      10110
      01101
      10010
      01101
      01010
      00000
      10100
      01101
      0111
```

恢复余数：
 $(\text{ACC}) + (\text{除数}) \rightarrow \text{ACC}$

$(\text{ACC}) + [-y]_{\text{补}} \rightarrow \text{ACC}$
 $01011 + 10011 = 11110$

$(\text{ACC}) + [y]_{\text{补}} \rightarrow \text{ACC}$
 $11110 + 01101 = 01011$

计算机很傻，会先默认上商1，如果搞错了再改上商0。并“恢复余数”



整改，必须整改！

原码除法：恢复余数法

设机器字长为5位（含1位符号位， $n=4$ ）， $x=0.1011$ ， $y=0.1101$ ，采用原码恢复余数法求 x/y

$|x|=0.1011$ ， $|y|=0.1101$ ， $[y]_{\text{补}}=0.1101$ ， $[-y]_{\text{补}}=1.0011$

符号单独处理：符号位 = $x_s \oplus y_s$

数值位取绝对值进行除法计算

实现方法：上商0/1，得到余数，余数末尾补0

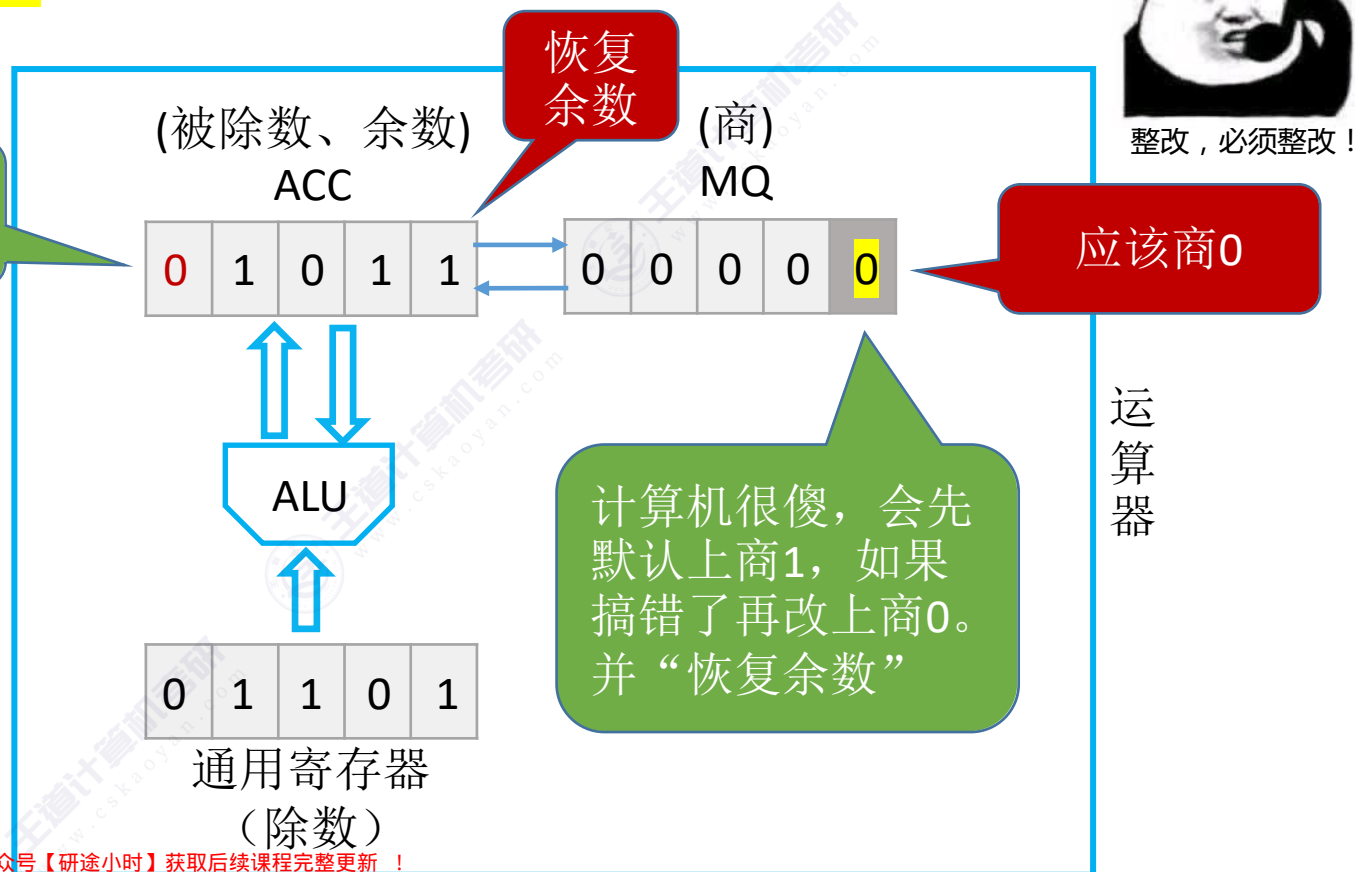
```
      0.1101
01101 | 01011
      00000
      10110
      01101
      10010
      01101
      01010
      00000
      10100
      01101
      0111
```

恢复余数：
 $(\text{ACC}) + (\text{除数}) \rightarrow \text{ACC}$

$(\text{ACC}) + [-y]_{\text{补}} \rightarrow \text{ACC}$
 $01011 + 10011 = 11110$

$(\text{ACC}) + [y]_{\text{补}} \rightarrow \text{ACC}$
 $11110 + 01101 = 01011$

计算机很傻，会先默认上商1，如果搞错了再改上商0。并“恢复余数”



关注公众号【研途小时】获取后续课程完整更新！

原码除法：恢复余数法

设机器字长为5位（含1位符号位， $n=4$ ）， $x=0.1011$ ， $y=0.1101$ ，采用原码恢复余数法求 x/y

$|x|=0.1011$ ， $|y|=0.1101$ ， $[|y|]_{\text{补}}=0.1101$ ， $[-|y|]_{\text{补}}=1.0011$

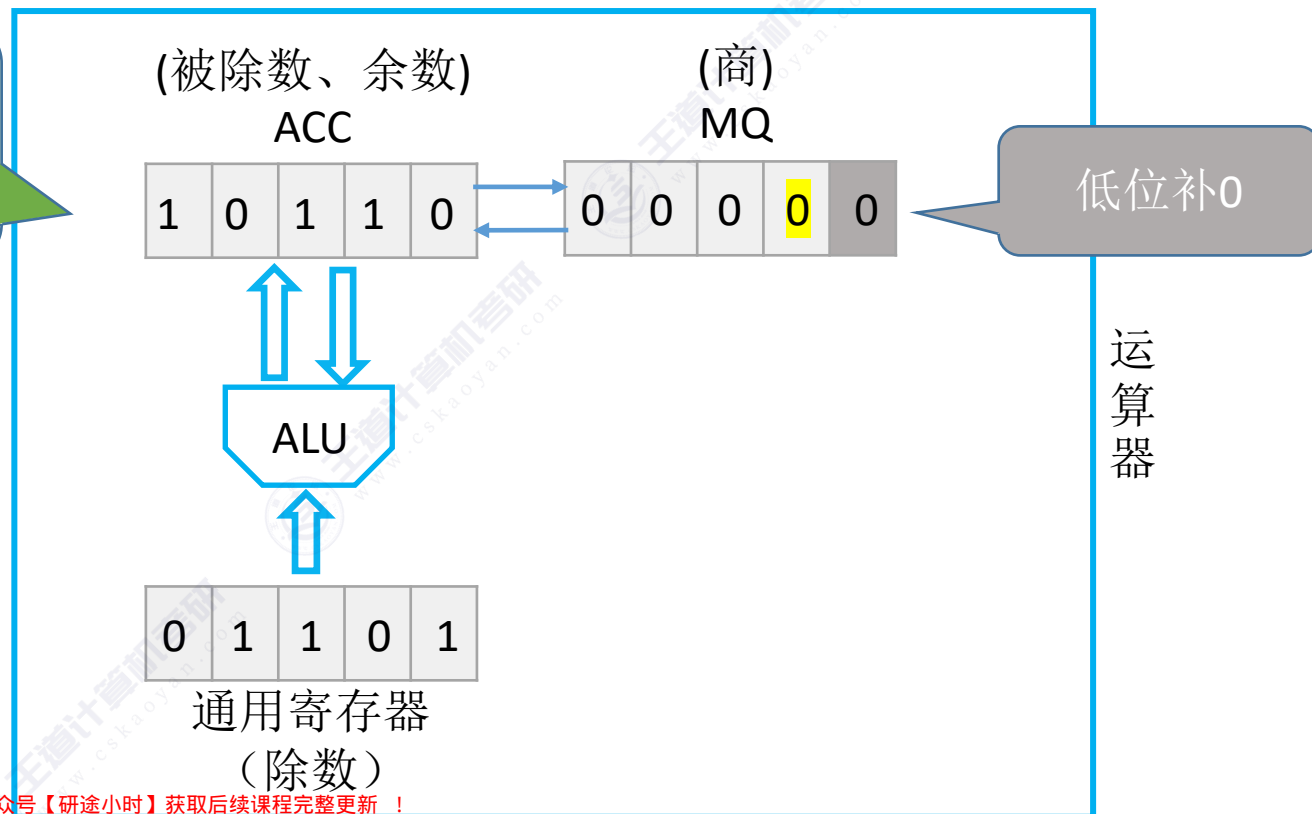
符号单独处理：符号位 = $x_s \oplus y_s$

实现方法：上商0/1，得到余数，余数末尾补0

数值位取绝对值进行除法计算

```
      0.1101
01101 | 01011
      00000
      10110
      01101
      10010
      01101
      01010
      00000
      10100
      01101
      0111
```

ACC、MQ整体
“逻辑左移”。
ACC高位丢弃，
MQ低位补0



计算机很傻，会先默认上商1，如果搞错了再改上商0。并“恢复余数”

关注公众号【研途小时】获取后续课程完整更新！

原码除法：恢复余数法

设机器字长为5位（含1位符号位， $n=4$ ）， $x=0.1011$ ， $y=0.1101$ ，采用原码恢复余数法求 x/y

$|x|=0.1011$ ， $|y|=0.1101$ ， $[|y|]_{\text{补}}=0.1101$ ， $[-|y|]_{\text{补}}=1.0011$

符号单独处理：符号位 = $x_s \oplus y_s$

实现方法：上商0/1，得到余数，余数末尾补0

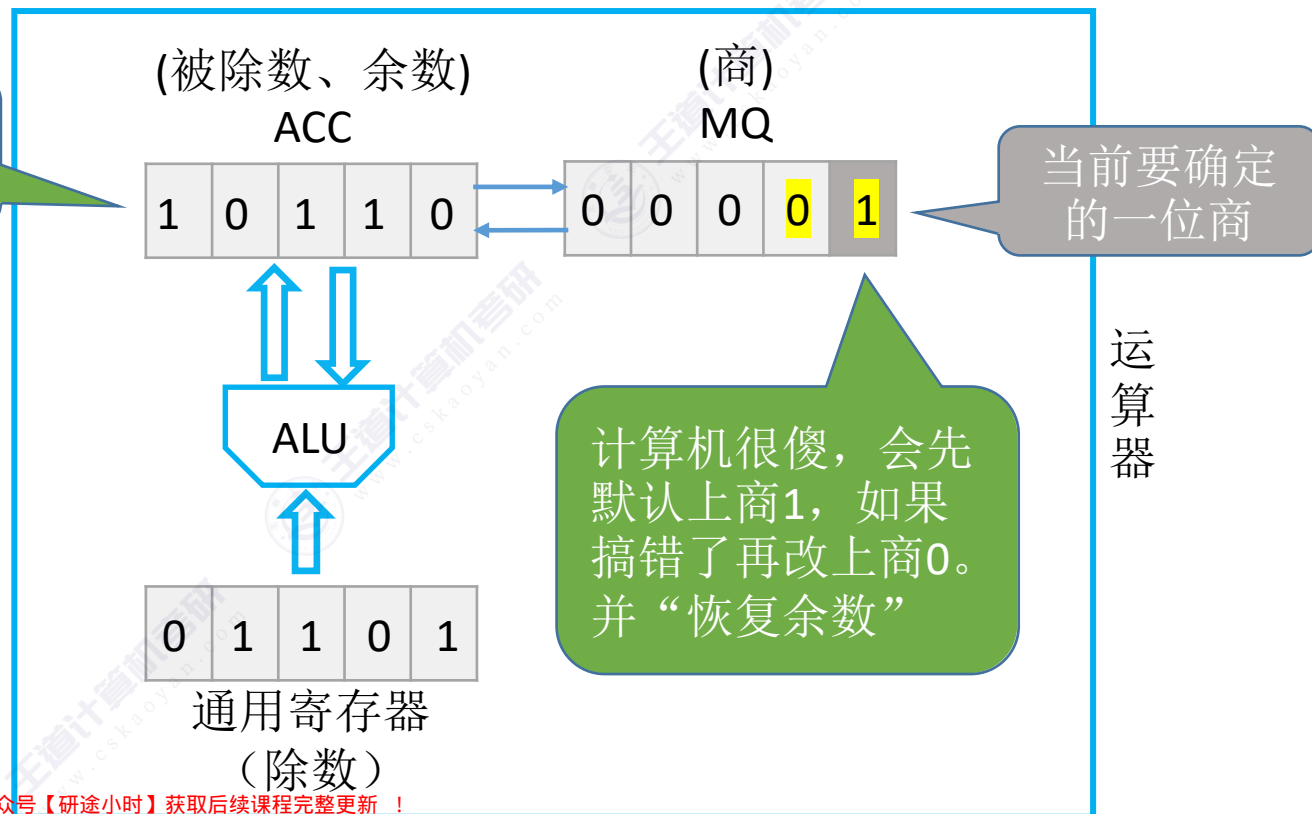
数值位取绝对值进行除法计算

```
      0.1101
01101 | 01011
      00000
      10110
      01101
      10010
      01101
      01010
      00000
      10100
      01101
      0111
```

求余数：
 $(ACC) - (除数) \rightarrow ACC$

$(ACC) + [-|y|]_{\text{补}} \rightarrow ACC$
 $10110 + 10011 = 01001$

计算机很傻，会先默认上商1，如果搞错了再改上商0。并“恢复余数”



关注公众号【研途小时】获取后续课程完整更新！

原码除法：恢复余数法

设机器字长为5位（含1位符号位， $n=4$ ）， $x=0.1011$ ， $y=0.1101$ ，采用原码恢复余数法求 x/y

$|x|=0.1011$ ， $|y|=0.1101$ ， $[|y|]_{\text{补}}=0.1101$ ， $[-|y|]_{\text{补}}=1.0011$

符号单独处理：符号位 = $x_s \oplus y_s$

数值位取绝对值进行除法计算

实现方法：上商0/1，得到余数，余数末尾补0

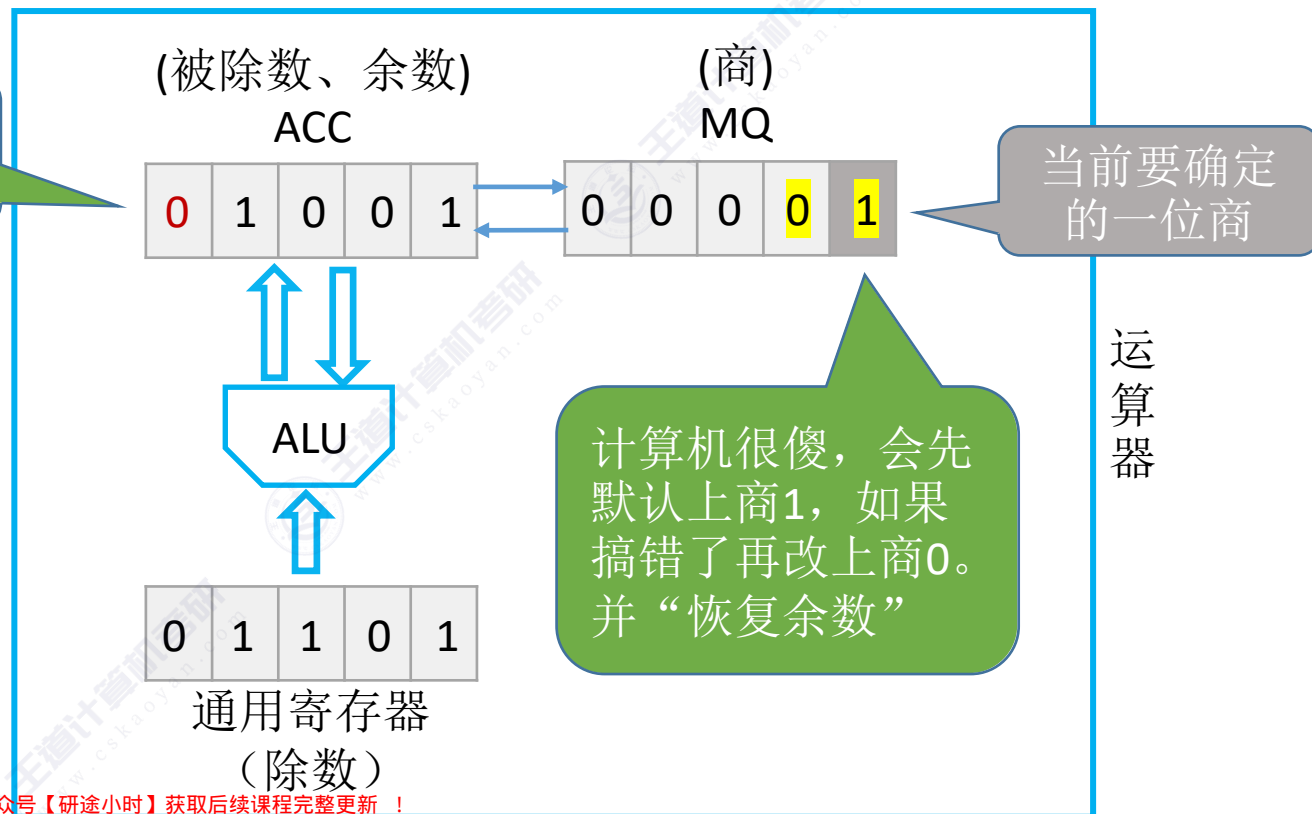
```
      0.1101
01101 | 01011
      00000
      10110
      01101
      10010
      01101
      01010
      00000
      10100
      01101
      0111
```

求余数：
(ACC)-(除数)→ACC

(ACC)+ $[-|y|]_{\text{补}}$ → ACC
 $10110+10011 = 01001$

相减结果
是个正数，
上商1是
没错滴~

计算机很傻，会先默认上商1，如果搞错了再改上商0。并“恢复余数”



关注公众号【研途小时】获取后续课程完整更新！

原码除法：恢复余数法

设机器字长为5位（含1位符号位， $n=4$ ）， $x=0.1011$ ， $y=0.1101$ ，采用原码恢复余数法求 x/y

$|x|=0.1011$ ， $|y|=0.1101$ ， $[|y|]_{\text{补}}=0.1101$ ， $[-|y|]_{\text{补}}=1.0011$

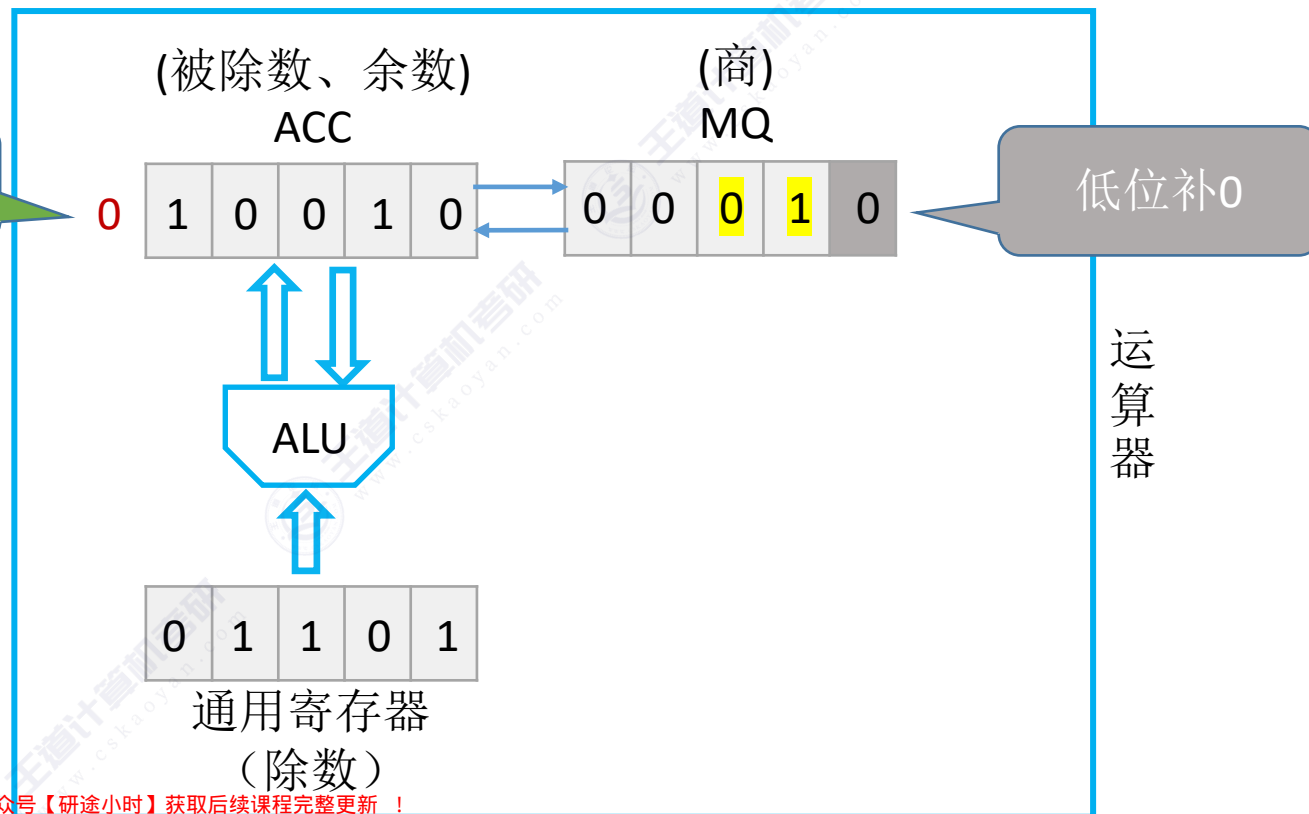
符号单独处理：符号位 = $x_s \oplus y_s$

实现方法：上商0/1，得到余数，余数末尾补0

数值位取绝对值进行除法计算

```
      0.1101
01101 | 01011
      00000
      10110
      01101
      10010
      01101
      01010
      00000
      10100
      01101
      0111
```

ACC、MQ整体
“逻辑左移”



计算机很傻，会先默认上商1，如果搞错了再改上商0。并“恢复余数”

关注公众号【研途小时】获取后续课程完整更新！

原码除法：恢复余数法

设机器字长为5位（含1位符号位， $n=4$ ）， $x=0.1011$ ， $y=0.1101$ ，采用原码恢复余数法求 x/y

$|x|=0.1011$ ， $|y|=0.1101$ ， $[|y|]_{\text{补}}=0.1101$ ， $[-|y|]_{\text{补}}=1.0011$

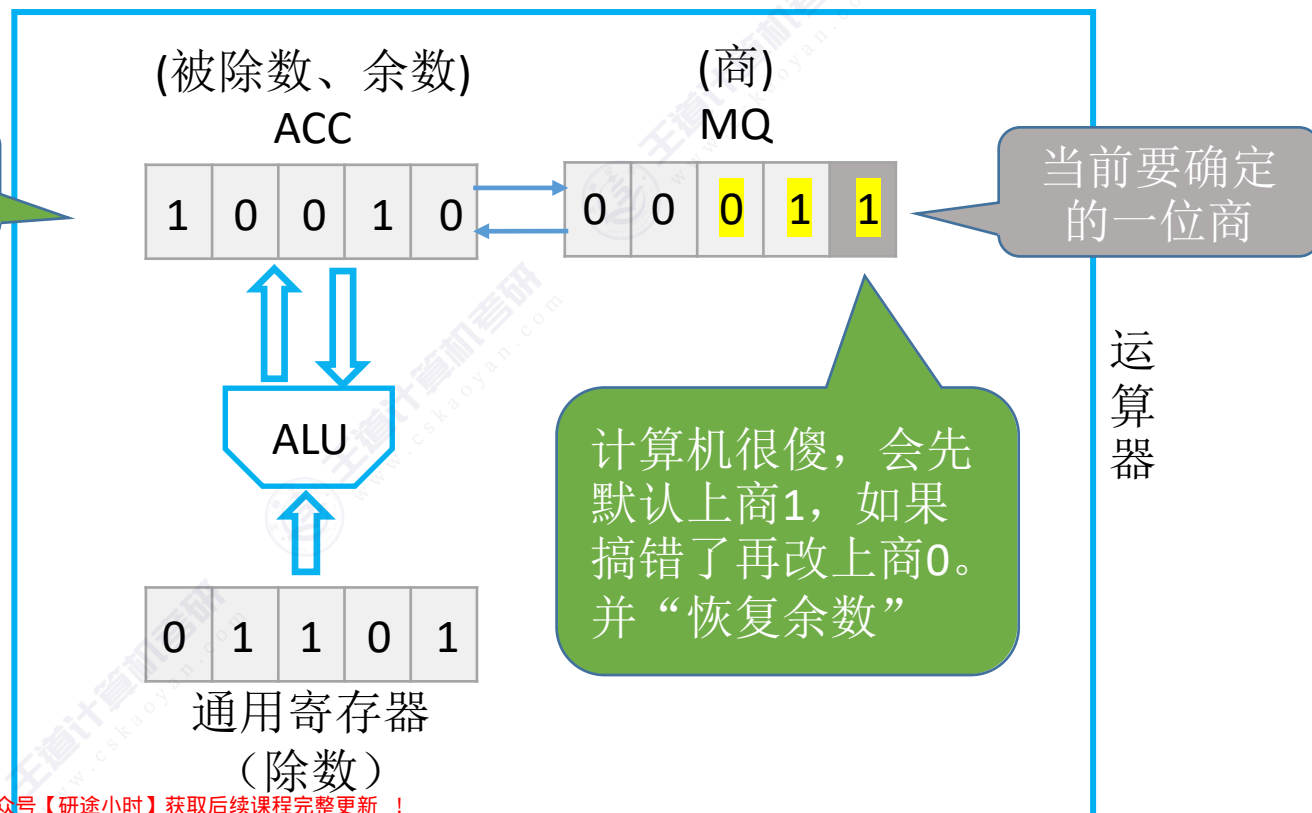
符号单独处理：符号位 = $x_s \oplus y_s$

实现方法：上商0/1，得到余数，余数末尾补0

数值位取绝对值进行除法计算

```
      0.1101
01101 | 01011
      00000
      10110
      01101
      10010
      01101
      01010
      00000
      10100
      01101
      0111
```

ACC、MQ整体
“逻辑左移”



计算机很傻，会先默认上商1，如果搞错了再改上商0。并“恢复余数”

原码除法：恢复余数法

设机器字长为5位（含1位符号位， $n=4$ ）， $x=0.1011$ ， $y=0.1101$ ，采用原码恢复余数法求 x/y

$|x|=0.1011$ ， $|y|=0.1101$ ， $[|y|]_{\text{补}}=0.1101$ ， $[-|y|]_{\text{补}}=1.0011$

符号单独处理：符号位 = $x_s \oplus y_s$

数值位取绝对值进行除法计算

实现方法：上商0/1，得到余数，余数末尾补0

```

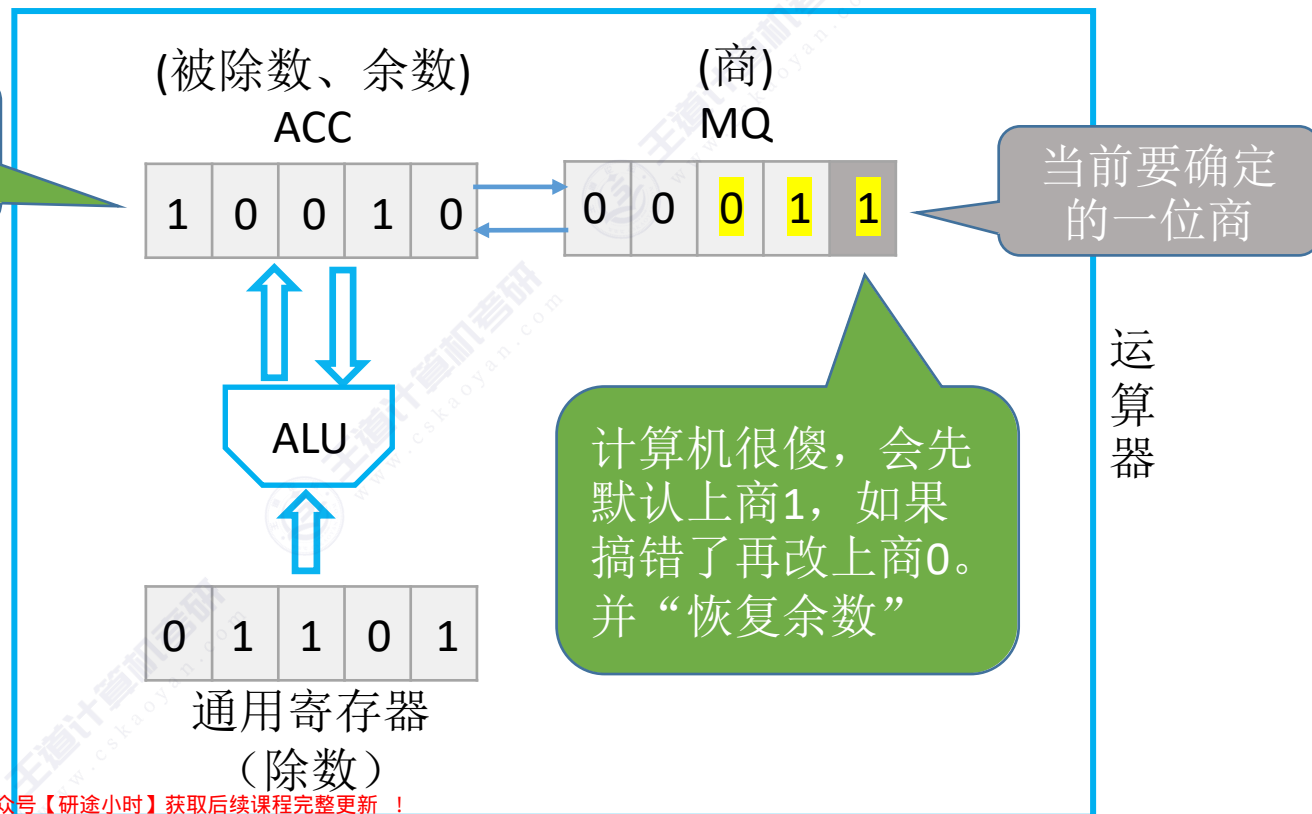
      0.1101
01101 | 01011
      00000
      10110
      01101
      10010
      01101
      01010
      00000
      10100
      01101
      0111

```

求余数：
 $(ACC) - (\text{除数}) \rightarrow ACC$

$(ACC) + [-|y|]_{\text{补}} \rightarrow ACC$
 $10010 + 10011 = 00101$

计算机很傻，会先默认上商1，如果搞错了再改上商0。并“恢复余数”



关注公众号【研途小时】获取后续课程完整更新！

原码除法：恢复余数法

设机器字长为5位（含1位符号位， $n=4$ ）， $x=0.1011$ ， $y=0.1101$ ，采用原码恢复余数法求 x/y

$|x|=0.1011$ ， $|y|=0.1101$ ， $[|y|]_{\text{补}}=0.1101$ ， $[-|y|]_{\text{补}}=1.0011$

符号单独处理：符号位 = $x_s \oplus y_s$

数值位取绝对值进行除法计算

实现方法：上商0/1，得到余数，余数末尾补0

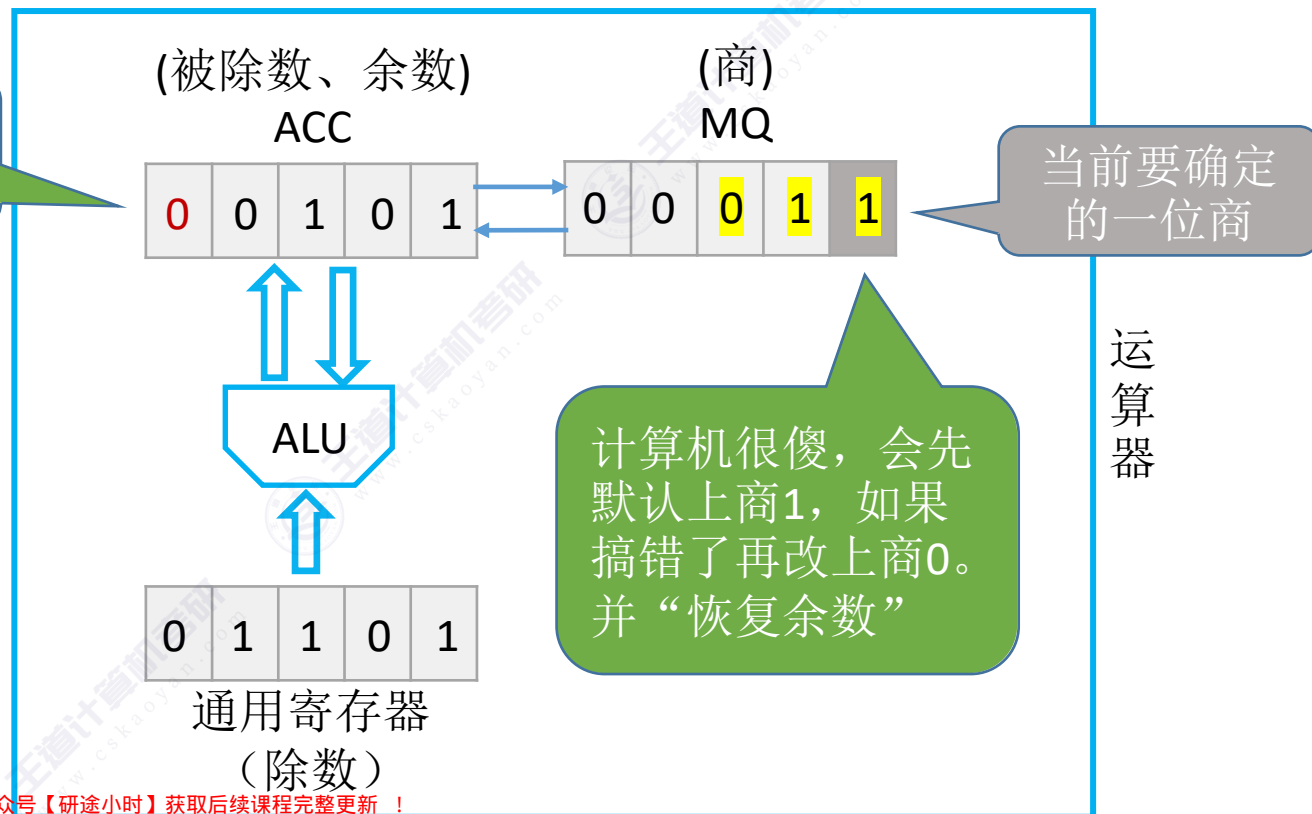
```
      0.1101
01101 | 01011
      00000
      10110
      01101
      10010
      01101
      01010
      00000
      10100
      01101
      0111
```

求余数：
 $(\text{ACC}) - (\text{除数}) \rightarrow \text{ACC}$

$(\text{ACC}) + [-|y|]_{\text{补}} \rightarrow \text{ACC}$
 $10010 + 10011 = 00101$

相减结果
是个正数，
上商1是
没错滴~

计算机很傻，会先默认上商1，如果搞错了再改上商0。并“恢复余数”



关注公众号【研途小时】获取后续课程完整更新！

原码除法：恢复余数法

设机器字长为5位（含1位符号位， $n=4$ ）， $x=0.1011$ ， $y=0.1101$ ，采用原码恢复余数法求 x/y

$|x|=0.1011$ ， $|y|=0.1101$ ， $[|y|]_{\text{补}}=0.1101$ ， $[-|y|]_{\text{补}}=1.0011$

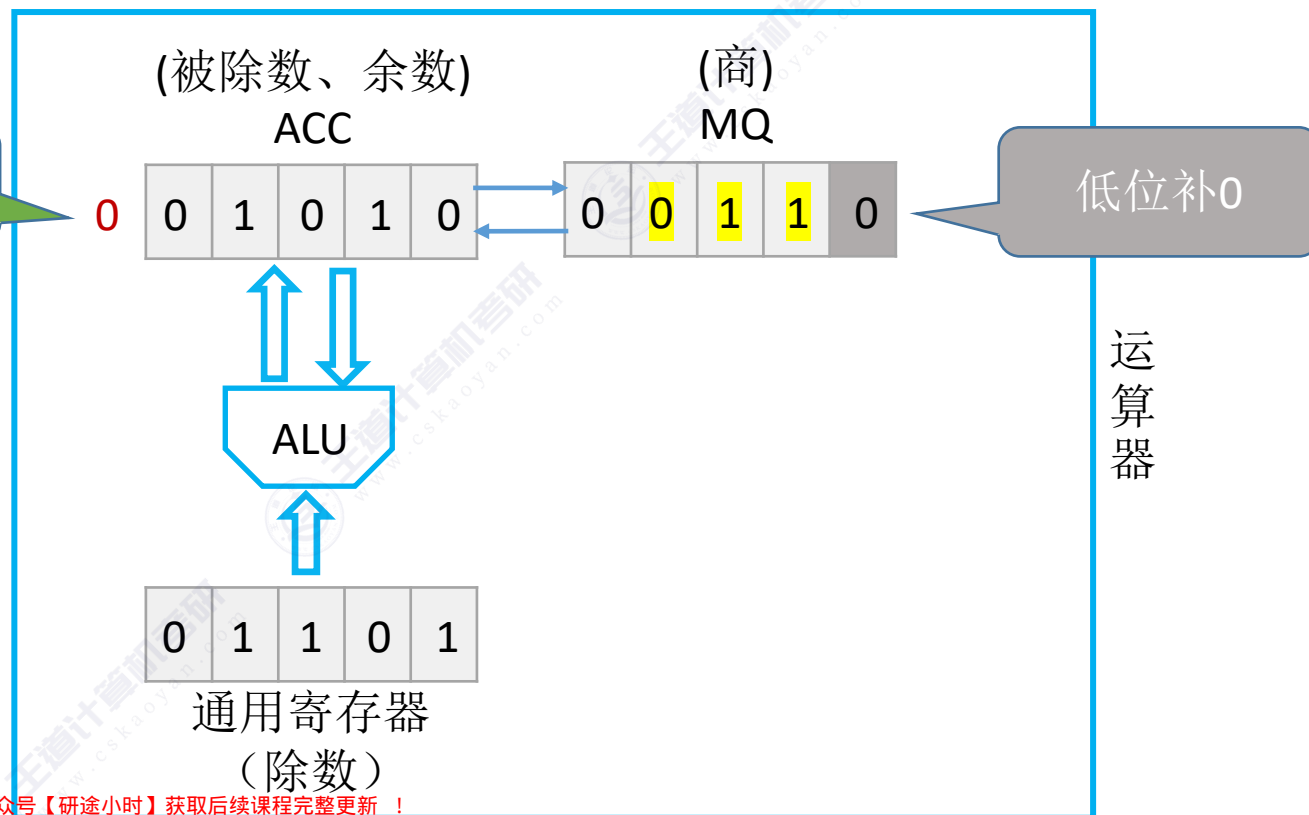
符号单独处理：符号位 = $x_s \oplus y_s$

实现方法：上商0/1，得到余数，余数末尾补0

数值位取绝对值进行除法计算

```
      0.1101
01101 | 01011
      00000
      10110
      01101
      10010
      01101
      01010
      00000
      10100
      01101
      0111
```

ACC、MQ整体
“逻辑左移”



计算机很傻，会先默认上商1，如果搞错了再改上商0。并“恢复余数”

关注公众号【研途小时】获取后续课程完整更新！

原码除法：恢复余数法

设机器字长为5位（含1位符号位， $n=4$ ）， $x=0.1011$ ， $y=0.1101$ ，采用原码恢复余数法求 x/y

$|x|=0.1011$ ， $|y|=0.1101$ ， $[|y|]_{\text{补}}=0.1101$ ， $[-|y|]_{\text{补}}=1.0011$

符号单独处理：符号位 = $x_s \oplus y_s$

实现方法：上商0/1，得到余数，余数末尾补0

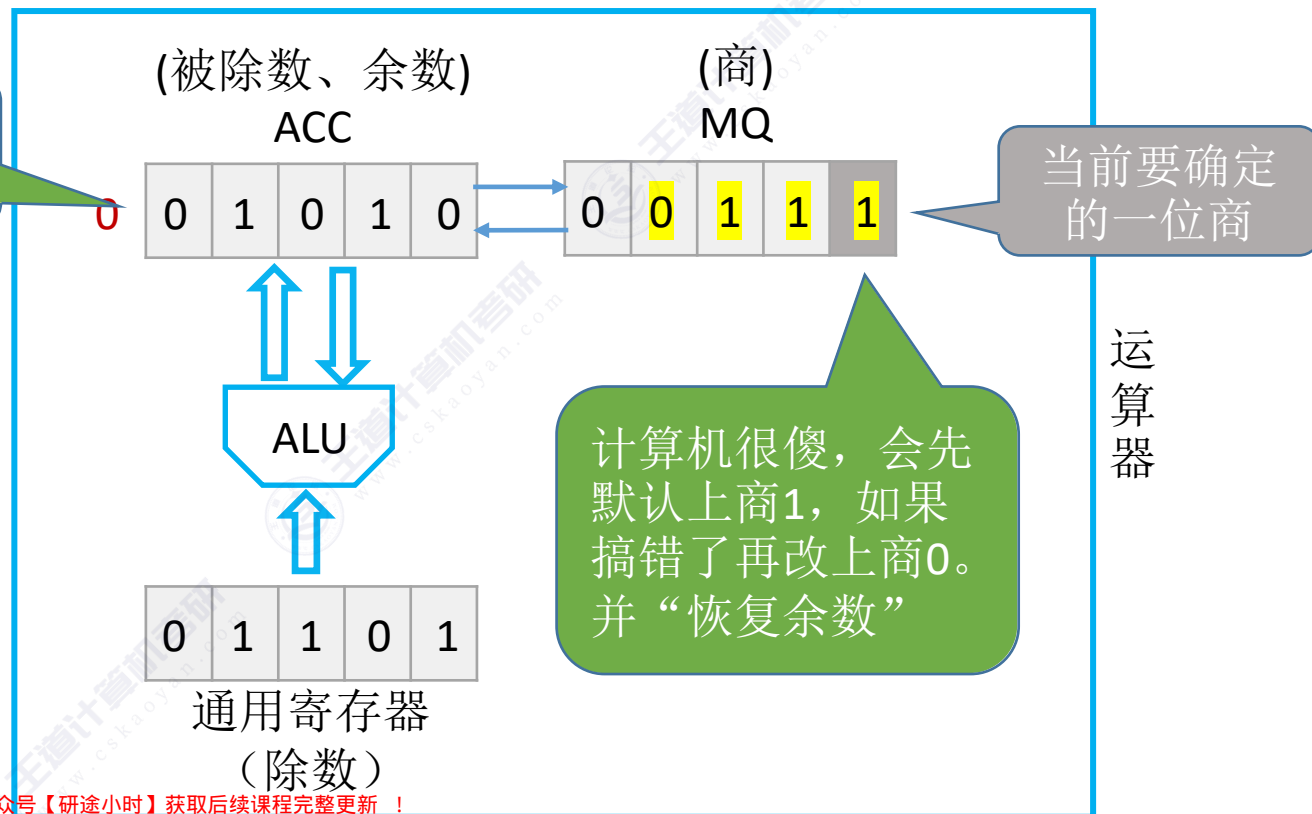
数值位取绝对值进行除法计算

```
      0.1101
01101 | 01011
      00000
      10110
      01101
      10010
      01101
      01010
      00000
      10100
      01101
      0111
```

求余数：
 $(\text{ACC}) - (\text{除数}) \rightarrow \text{ACC}$

$(\text{ACC}) + [-|y|]_{\text{补}} \rightarrow \text{ACC}$
 $01010 + 10011 = 11101$

计算机很傻，会先默认上商1，如果搞错了再改上商0。并“恢复余数”



关注公众号【研途小时】获取后续课程完整更新！

原码除法：恢复余数法

设机器字长为5位（含1位符号位， $n=4$ ）， $x=0.1011$ ， $y=0.1101$ ，采用原码恢复余数法求 x/y

$|x|=0.1011$ ， $|y|=0.1101$ ， $[|y|]_{\text{补}}=0.1101$ ， $[-|y|]_{\text{补}}=1.0011$

符号单独处理：符号位 = $x_s \oplus y_s$

实现方法：上商0/1，得到余数，余数末尾补0

数值位取绝对值进行除法计算

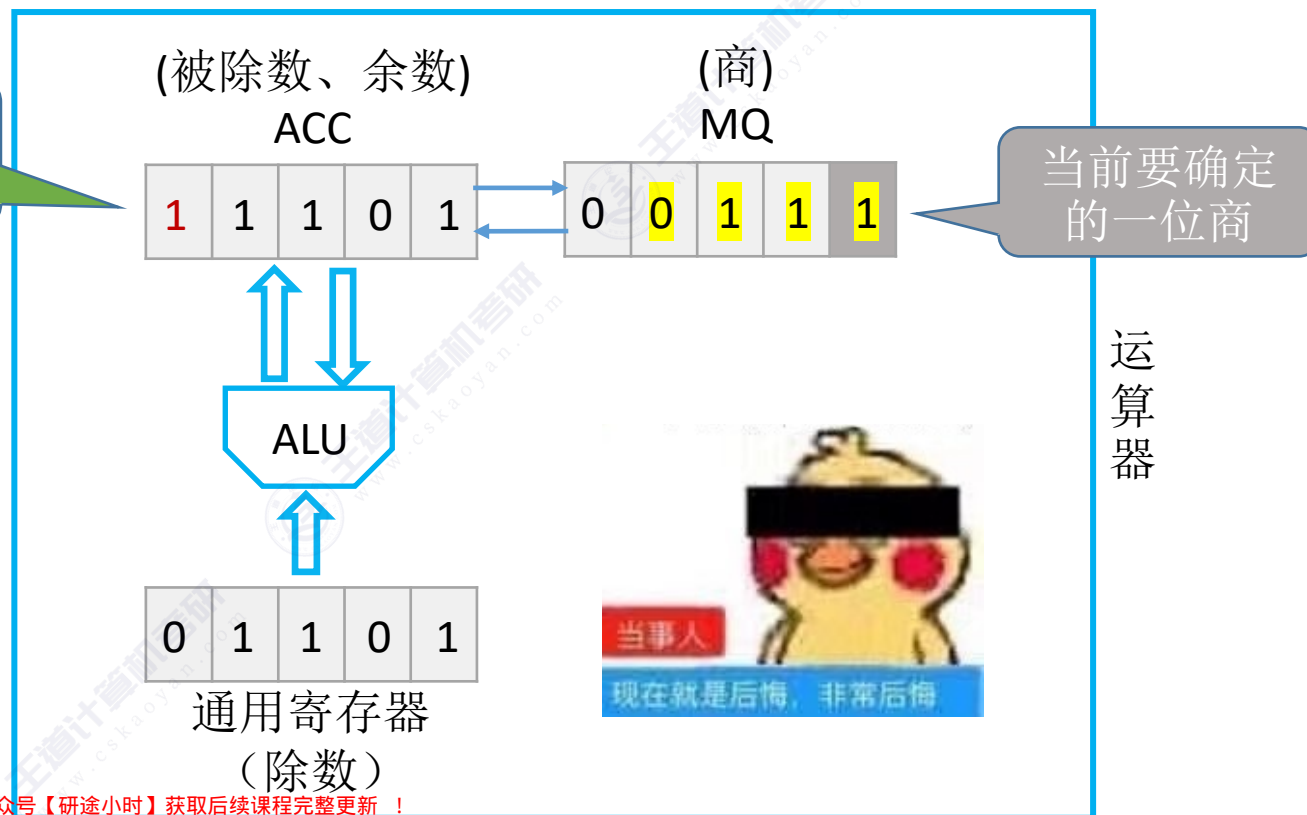
```
      0.1101
01101 | 01011
      00000
      10110
      01101
      10010
      01101
      01010
      00000
      10100
      01101
      0111
```

求余数：
 $(ACC) - (\text{除数}) \rightarrow ACC$

$(ACC) + [-|y|]_{\text{补}} \rightarrow ACC$
 $01010 + 10011 = 11101$

相减结果
是个负数，
不该上商 1

计算机很傻，会先默认上商1，如果搞错了再改上商0。并“恢复余数”



关注公众号【研途小时】获取后续课程完整更新！

原码除法：恢复余数法

设机器字长为5位（含1位符号位， $n=4$ ）， $x=0.1011$ ， $y=0.1101$ ，采用原码恢复余数法求 x/y

$|x|=0.1011$ ， $|y|=0.1101$ ， $[|y|]_{\text{补}}=0.1101$ ， $[-|y|]_{\text{补}}=1.0011$

符号单独处理：符号位 = $x_s \oplus y_s$

数值位取绝对值进行除法计算

实现方法：上商0/1，得到余数，余数末尾补0

```

      0.1101
01101 | 01011
      00000
      10110
      01101
      10010
      01101
      01010
      00000
      10100
      01101
      0111

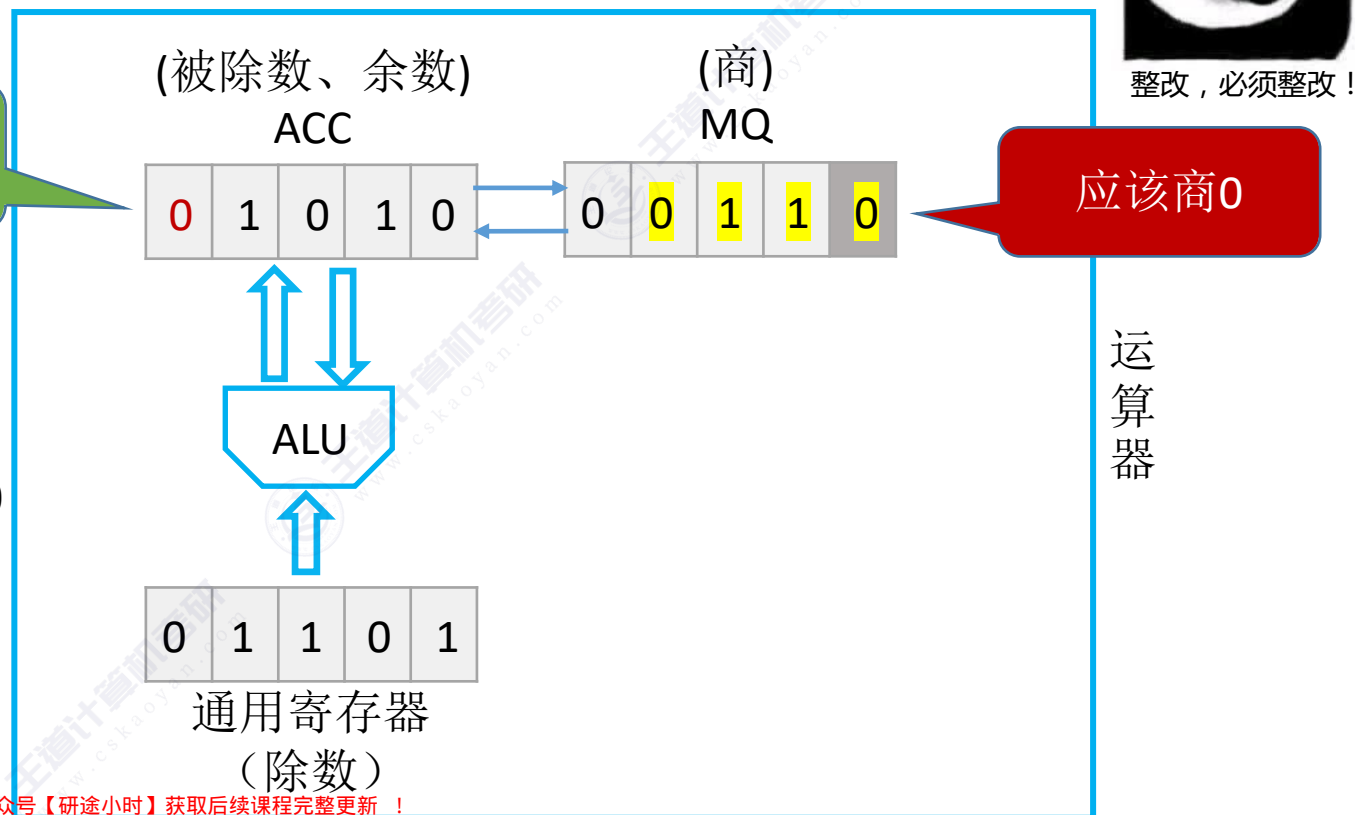
```

恢复余数：
(ACC)+(除数)→ACC

(ACC) + $[-|y|]_{\text{补}}$ → ACC
 $01010 + 10011 = 11101$

(ACC) + $[|y|]_{\text{补}}$ → ACC
 $11101 + 01101 = 01010$

计算机很傻，会先默认上商1，如果搞错了再改上商0。并“恢复余数”



关注公众号【研途小时】获取后续课程完整更新！

原码除法：恢复余数法

设机器字长为5位（含1位符号位， $n=4$ ）， $x=0.1011$ ， $y=0.1101$ ，采用原码恢复余数法求 x/y

$|x|=0.1011$ ， $|y|=0.1101$ ， $[|y|]_{\text{补}}=0.1101$ ， $[-|y|]_{\text{补}}=1.0011$

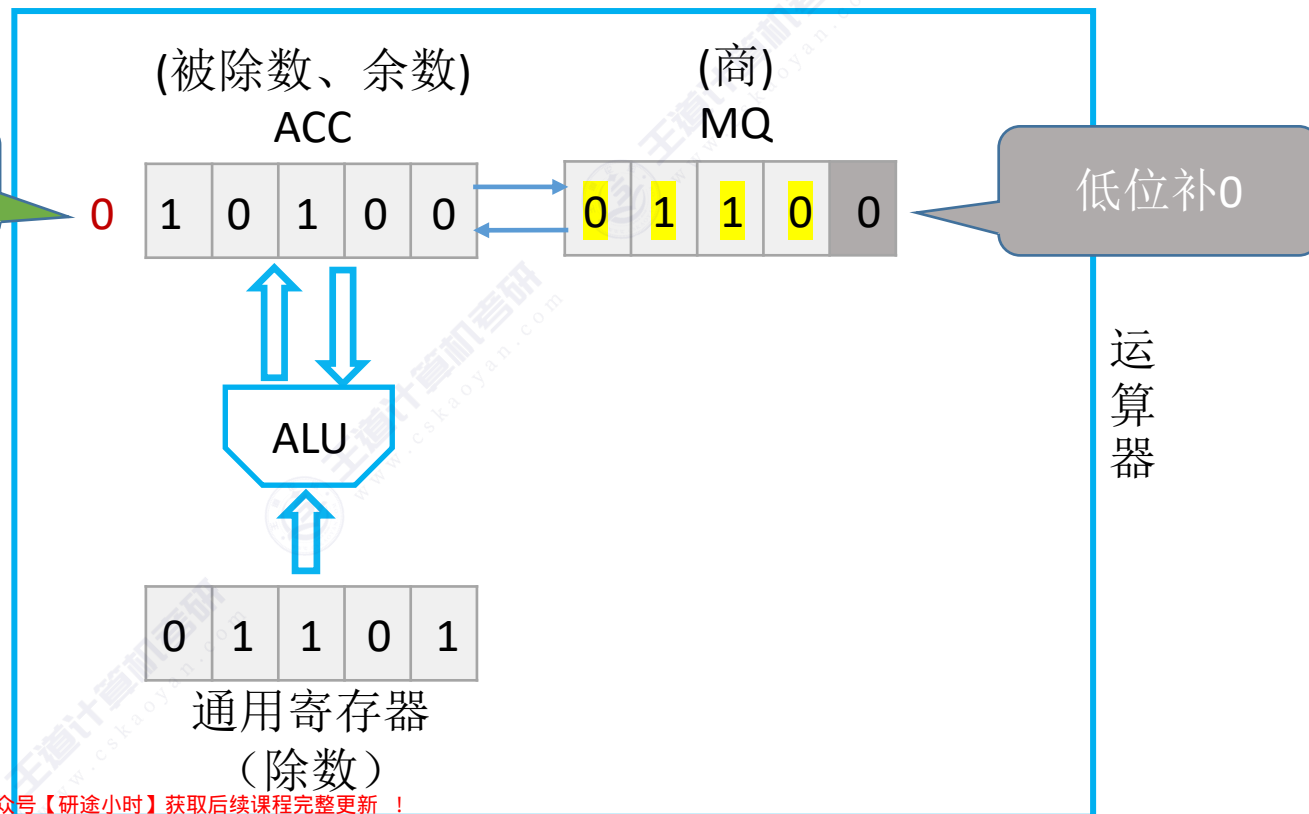
符号单独处理：符号位 = $x_s \oplus y_s$

实现方法：上商0/1，得到余数，余数末尾补0

数值位取绝对值进行除法计算

```
      0.1101
01101 ) 01011
       00000
       10110
       01101
       10010
       01101
       01010
       00000
       10100
       01101
       0111
```

ACC、MQ整体
“逻辑左移”



计算机很傻，会先默认上商1，如果搞错了再改上商0。并“恢复余数”

关注公众号【研途小时】获取后续课程完整更新！

原码除法：恢复余数法

设机器字长为5位（含1位符号位， $n=4$ ）， $x=0.1011$ ， $y=0.1101$ ，采用原码恢复余数法求 x/y

$|x|=0.1011$ ， $|y|=0.1101$ ， $[|y|]_{\text{补}}=0.1101$ ， $[-|y|]_{\text{补}}=1.0011$

符号单独处理：符号位 = $x_s \oplus y_s$

实现方法：上商0/1，得到余数，余数末尾补0

数值位取绝对值进行除法计算

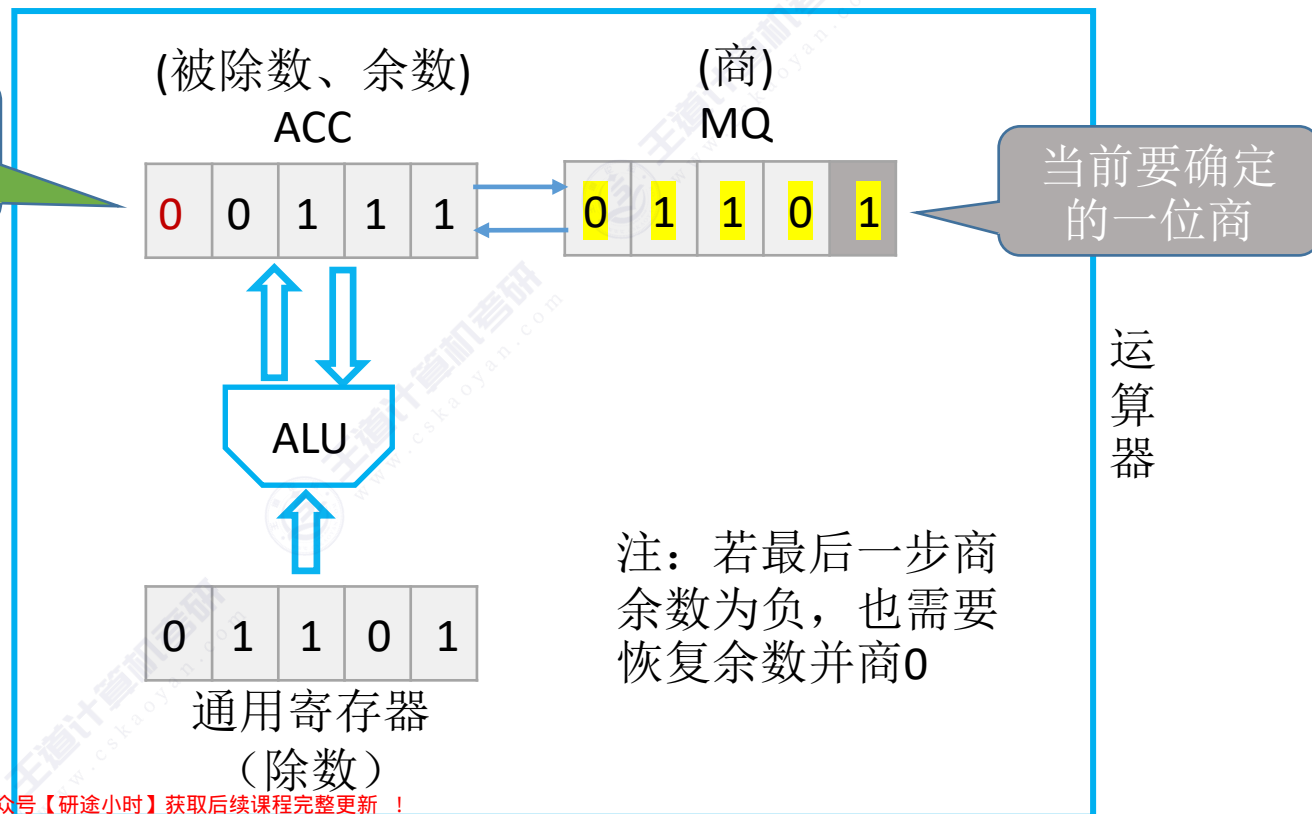
```
      0.1101
01101 | 01011
      00000
      10110
      01101
      10010
      01101
      01010
      00000
      10100
      01101
      0111
```

求余数：
(ACC)-(除数)→ACC

(ACC)+ $[-|y|]_{\text{补}}$ → ACC
 $10010+10011 = 00111$

相减结果
是个正数，
应上商 1

计算机很傻，会先默认上商1，如果搞错了再改上商0。并“恢复余数”



关注公众号【研途小时】获取后续课程完整更新！

原码除法：恢复余数法

设机器字长为5位（含1位符号位， $n=4$ ）， $x=0.1011$ ， $y=0.1101$ ，采用原码恢复余数法求 x/y

$|x|=0.1011$ ， $|y|=0.1101$ ， $[|y|]_{\text{补}}=0.1101$ ， $[-|y|]_{\text{补}}=1.0011$

符号单独处理：符号位 = $x_s \oplus y_s$

实现方法：上商0/1，得到余数，余数末尾补0

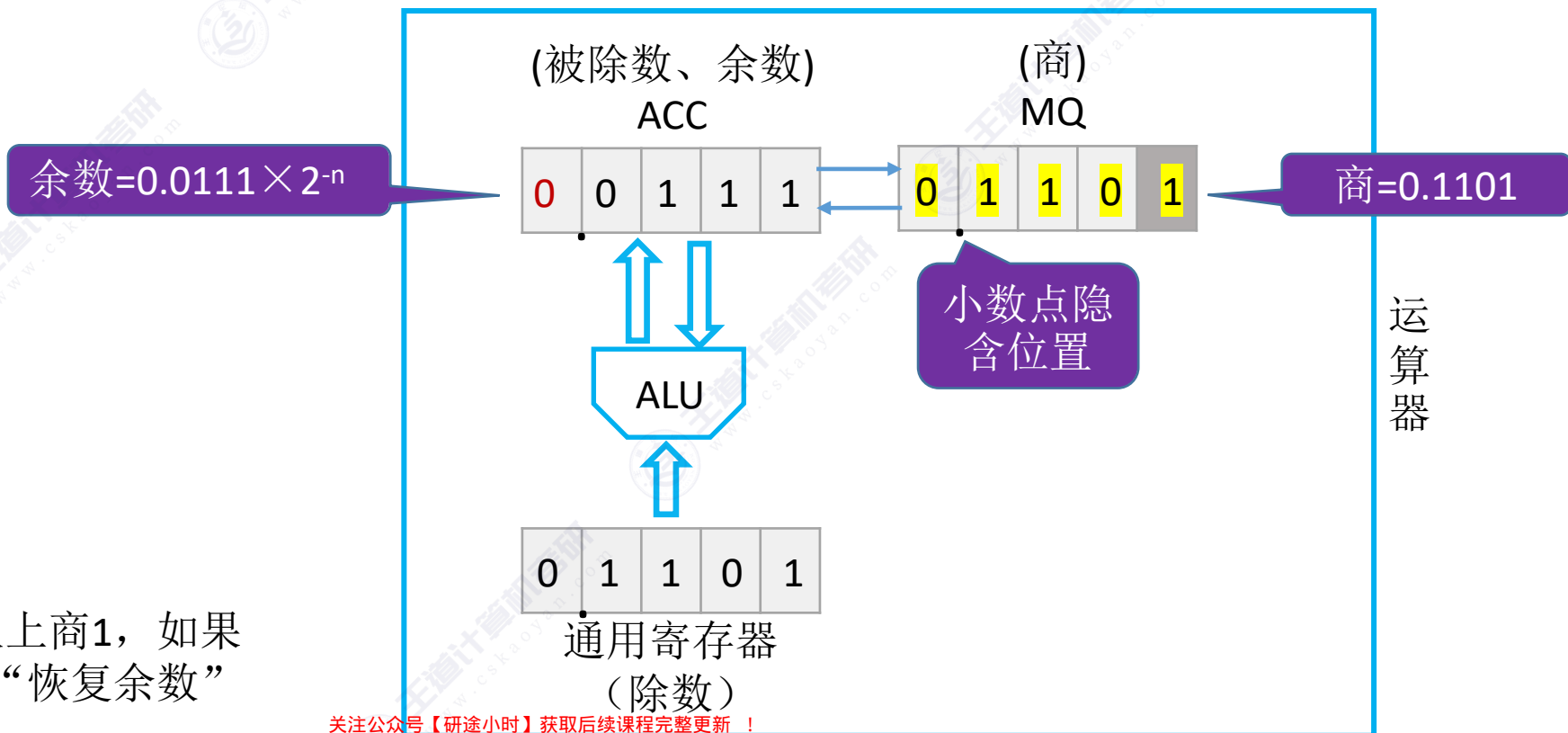
数值位取绝对值进行除法计算

```

      0.1101
01101 | 01011
      00000
      10110
      01101
      10010
      01101
      01010
      00000
      10100
      01101
      0111

```

计算机很傻，会先默认上商1，如果搞错了再改上商0。并“恢复余数”



关注公众号【研途小时】获取后续课程完整更新！

原码除法：恢复余数法（手算）

我有一个新思路



能否不恢复余数？

符号位	绝对值
-----	-----

符号位与数值位分开处理

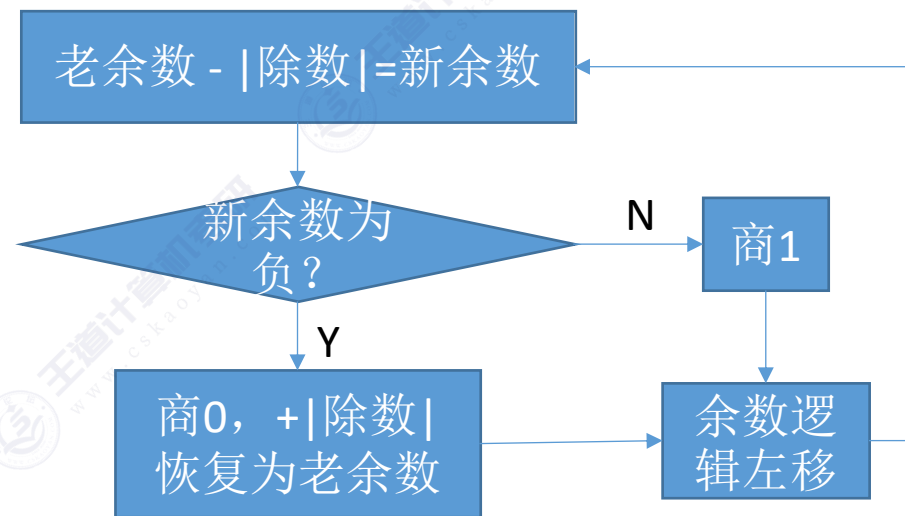
设机器字长为5位（含1位符号位， $n=4$ ）， $x=0.1011$ ， $y=0.1101$ ，采用原码恢复余数法求 x/y

$|x|=0.1011$ ， $|y|=0.1101$ ， $[|y|]_{\text{补}}=0.1101$ ， $[-|y|]_{\text{补}}=1.0011$

被除数/余数		商
0.1011		
$+[- y]_{\text{补}}$	1.0011	
	1.1110	0
$+ [y]_{\text{补}}$	0.1101	
	0.1011	
逻辑左移	1.0110	
$+ [- y]_{\text{补}}$	1.0011	
	0.1001	01
左移	1.0010	
$+ [- y]_{\text{补}}$	1.0011	
	0.0101	011

余数为负，就要商0，并恢复余数

余数为正，就要商1，不用恢复余数



左移 n 次，上商 $n+1$ 次
最后一次上商余数不左移

原码除法：恢复余数法（手算）

我有一个新思路



能否不恢复余数？

符号位	绝对值
-----	-----

符号位与数值位分开处理

设机器字长为5位（含1位符号位， $n=4$ ）， $x=0.1011$ ， $y=0.1101$ ，采用原码恢复余数法求 x/y

$|x|=0.1011$ ， $|y|=0.1101$ ， $[|y|]_{\text{补}}=0.1101$ ， $[-|y|]_{\text{补}}=1.0011$

被除数/余数
0.1011
$+[- y]_{\text{补}}$ 1.0011
1.1110
$+ [y]_{\text{补}}$ 0.1101
0.1011
左移 1.0110
$+ [- y]_{\text{补}}$ 1.0011
0.1001
左移 1.0010
$+ [- y]_{\text{补}}$ 1.0011
0.0101
...

余数a为负

a
b

a+b

$(a+b) \times 2 = 2a + 2b$

$(a+b) \times 2 - b = 2a + 2b - b = 2a + b$

若余数为负，则可直接商0，并让余数左移1位再加上|除数|

0

01

011

...

关注公众号【研途小时】获取后续课程完整更新！

原码除法：加减交替法

又名：不恢复余数法

符号位与数值位分开处理

设机器字长为5位（含1位符号位， $n=4$ ）， $x=0.1011$ ， $y=0.1101$ ，采用原码加减交替除法求 x/y

$|x|=0.1011$ ， $|y|=0.1101$ ， $[|y|]_{\text{补}}=0.1101$ ， $[-|y|]_{\text{补}}=1.0011$

$$Q_s = x_s \oplus y_s = 0 \oplus 0 = 0$$

得 $x/y = +0.1101$

余 0.0111×2^{-4}

注：余数的正负性与商相同

恢复余数法：当余数为负时商0，并+|除数|，再左移，再-|除数|

加减交替法：当余数为负时商0，并左移，再+|除数|

若余数为负，则可直接商0，让余数左移1位再加上|除数|，得到下一个新余数

若余数为正，则商1，让余数左移1位再减去|除数|，得到下一个新余数

被除数/余数	
	0.1011
$+[- y]_{\text{补}}$	1.0011
	1.1110
左移	1.1100
$+ [y]_{\text{补}}$	0.1101
	0.1001
左移	1.0010
$+ [- y]_{\text{补}}$	1.0011
	0.0101
左移	0.1010
$+ [- y]_{\text{补}}$	1.0011
	1.1101
左移	1.1010
$+ [y]_{\text{补}}$	0.1101
	0.0111

若余数为负，需商0，并+ $[|y|]_{\text{补}}$ 得到正确余数

商	ACC	MQ
	01011	00000
0	11110	00000
	11100	00000
01	01001	00001
	10010	00010
011	00101	00011
	01010	00110
0110	11101	00110
	11010	01100
01101	00111	01101

关注公众号【研途小时】获取后续课程完整更新！

原码除法：加减交替法

又名：不恢复余数法

符号位与数值位分开处理

设机器字长为5位（含1位符号位， $n=4$ ）， $x=0.1011$ ， $y=0.1101$ ，采用原码加减交替除法求 x/y

$|x|=0.1011$ ， $|y|=0.1101$ ， $[|y|]_{\text{补}}=0.1101$ ， $[-|y|]_{\text{补}}=1.0011$

$$Q_s = x_s \oplus y_s = 0 \oplus 0 = 0$$

得 $x/y = +0.1101$

余 0.0111×2^{-4}

被除数/余数
0.1011
$+[- y]_{\text{补}}$ 1.0011
1.1110
左移 1.1100
$+ [y]_{\text{补}}$ 0.1101
0.1001
左移 1.0010
$+ [- y]_{\text{补}}$ 1.0011
0.0101
左移 0.1010
$+ [- y]_{\text{补}}$ 1.0011
1.1101
左移 1.1010
$+ [y]_{\text{补}}$ 0.1101
0.0111

若余数为负，
需商0，并
 $+ [|y|]_{\text{补}}$ 得到
正确余数

商

0

01

011

0110

01101

被除数-|除数|=新余数

新余数为
负？

Y

N

商0，余数左
移并 $+|除数|$

商1，余数左
移并 $-|除数|$

加/减 $n+1$ 次，每次加减确定一位商；
左移 n 次（最后一次加减完不移位）
最终可能还要再多一次加